

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Computed Tomography (CT) merupakan salah satu modalitas pencitraan medis yang menggunakan sinar-X untuk menghasilkan citra penampang tubuh secara detail dan beresolusi tinggi. CT mampu menampilkan struktur anatomi secara tiga dimensi, sehingga banyak dimanfaatkan dalam deteksi dini penyakit, evaluasi trauma, perencanaan radioterapi, serta pemantauan hasil pengobatan (Smith-Bindman et al., 2009). Proses pencitraan CT terdiri dari tiga tahap utama, yaitu akuisisi data, rekonstruksi citra, dan penampilan hasil gambar. Pada tahap akuisisi, tabung sinar-X berputar mengelilingi pasien untuk menghasilkan sejumlah proyeksi yang kemudian diolah pada tahap rekonstruksi menggunakan algoritma khusus, seperti *filtered back projection* atau *iterative reconstruction*, guna membentuk citra irisan melintang tubuh. Selanjutnya, citra hasil rekonstruksi ditampilkan dalam sistem komputer untuk interpretasi klinis (Seeram, 2019).

Kinerja sistem CT-scan umumnya dievaluasi berdasarkan tiga aspek utama, yaitu kualitas citra (*image quality*), dosis radiasi, dan keakuratan geometri (*geometric accuracy*). Kualitas citra berkaitan dengan kemampuan sistem menghasilkan citra yang mampu merepresentasikan struktur anatomi secara jelas dan akurat untuk mendukung proses diagnosis. Aspek ini dapat dinilai melalui beberapa parameter, seperti resolusi spasial, resolusi kontras, *noise*, *uniformity*, dan akurasi *CT number*. Resolusi spasial menunjukkan kemampuan sistem dalam membedakan dua objek yang berdekatan, sedangkan resolusi kontras menggambarkan kemampuan sistem dalam membedakan jaringan yang memiliki perbedaan densitas kecil. *Noise* merupakan fluktuasi acak pada citra yang dapat menurunkan kualitas visual dan menyulitkan identifikasi struktur anatomi. *Uniformity* menunjukkan keseragaman nilai *CT number* pada objek yang homogen, sedangkan akurasi *CT number* berkaitan dengan kemampuan sistem menghasilkan nilai *CT number* yang sesuai dengan karakteristik material yang dipindai. Selain

kualitas citra, aspek penting lainnya adalah dosis radiasi yang diterima pasien selama pemeriksaan CT-scan. Dosis radiasi perlu dioptimalkan untuk memperoleh kualitas citra yang memadai dengan paparan radiasi serendah mungkin sesuai prinsip *As Low As Reasonably Achievable (ALARA)* (Bushberg dkk., 2012; Seeram, 2019). Aspek ketiga yang tidak kalah penting adalah keakuratan geometri (*geometric accuracy*), yaitu kemampuan sistem CT-scan dalam merepresentasikan ukuran, bentuk, dan posisi objek sesuai dengan kondisi sebenarnya. Keakuratan geometri berperan penting dalam pengukuran dimensi objek, analisis volumetri, serta rekonstruksi citra tiga dimensi. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengevaluasi keakuratan geometri pada CT-scan adalah *slice thickness* dan *slice spacing*.

Slice thickness menggambarkan ketebalan setiap irisan citra pada sumbu-z, sedangkan *slice spacing* menunjukkan jarak antara dua irisan aksial yang berurutan. Kedua parameter tersebut berperan penting dalam menjaga ketepatan representasi spasial objek, akurasi pengukuran volumetri, serta kualitas rekonstruksi citra tiga dimensi. *Slice thickness* yang terlalu besar dapat mengurangi kemampuan visualisasi struktur anatomi yang kecil, sedangkan *slice spacing* yang tidak sesuai dapat menyebabkan hilangnya informasi antaririsan atau terjadinya tumpang tindih data. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi *slice thickness* dapat memengaruhi akurasi pengukuran volume tumor (Luo dkk., 2018), sedangkan *slice spacing* berpengaruh terhadap ketepatan hasil rekonstruksi volumetrik dan representasi anatomi tiga dimensi (Tan dkk., 2012).

Walaupun *slice thickness* telah memiliki metode evaluasi yang baku dalam pengendalian mutu CT-scan, pengukuran *slice spacing* masih relatif jarang dievaluasi dan sering kali hanya mengacu pada informasi yang terdapat pada *DICOM header*, yang belum tentu merepresentasikan kondisi sebenarnya. Ketidaksesuaian nilai *slice spacing* dapat memengaruhi akurasi rekonstruksi citra tiga dimensi, analisis volumetri, serta representasi spasial objek pada citra CT-scan. Oleh karena itu, diperlukan metode pengukuran yang mampu mengevaluasi nilai *slice spacing* secara langsung berdasarkan data citra hasil pemindaian.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, Anam dkk. (2024) mengembangkan metode otomatis pengukuran *slice spacing* menggunakan *AAPM CT Performance Phantom* model 610-04 yang dilengkapi dengan *ramp* aluminium bersudut 45°. Metode tersebut menunjukkan kinerja yang baik dengan deviasi sekitar 9% terhadap nilai nominal. Selain itu, fitur pengukuran *slice spacing* juga telah diimplementasikan pada perangkat lunak IndoQCT untuk digunakan pada fantom GE. Fitur tersebut dirancang untuk memberikan proses pengukuran yang lebih cepat, objektif, dan konsisten dibandingkan metode manual. Namun, hingga saat ini belum terdapat penelitian yang secara khusus mengevaluasi kemampuan dan keakuratan fitur tersebut dalam melakukan pengukuran *slice spacing* menggunakan fantom GE. Oleh karena itu, validasi terhadap hasil pengukuran yang diperoleh dari perangkat lunak tersebut masih diperlukan sebelum digunakan secara luas dalam kegiatan *Quality Control* (QC) CT-scan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi kemampuan dan keakuratan perangkat lunak IndoQCT dalam melakukan pengukuran *slice spacing* pada fantom General Electric (GE). Nilai *slice spacing* yang akurat sangat penting untuk menjaga ketepatan rekonstruksi citra, analisis volumetri, dan representasi anatomi pada citra CT-scan. Penggunaan fantom GE dalam penelitian ini didasarkan pada ketersediaannya yang lebih umum di fasilitas pelayanan radiologi dibandingkan *AAPM phantom*, sehingga hasil penelitian diharapkan lebih mudah diterapkan dalam kegiatan *Quality Control* (QC) rutin. Selain itu, fantom GE merupakan fantom yang sering digunakan dalam pengujian kualitas citra CT-scan sehingga berpotensi menjadi alternatif yang lebih praktis untuk evaluasi *slice spacing*.

Penelitian ini juga melibatkan variasi parameter *slice thickness* dan arus-waktu (*mAs*) untuk mengevaluasi kinerja IndoQCT pada kondisi kualitas citra yang berbeda. Variasi *slice thickness* dapat memengaruhi representasi geometri objek pada citra, sedangkan variasi *mAs* memengaruhi tingkat *noise* dan *signal-to-noise ratio* (*SNR*) yang dapat berpengaruh terhadap proses deteksi objek oleh perangkat lunak. Dengan melakukan pengujian pada berbagai variasi parameter tersebut, kemampuan dan keakuratan IndoQCT dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

Selain itu, hasil pengukuran otomatis menggunakan IndoQCT juga dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan metode manual untuk mengetahui tingkat kesesuaian dan keandalan perangkat lunak dalam mengukur *slice spacing*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan dan keakuratan pengukuran *slice spacing* menggunakan IndoQCT pada fantom GE, sehingga dapat diketahui kelayakan penggunaannya sebagai alat bantu evaluasi *slice spacing* dalam kegiatan *Quality Control* CT-scan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengevaluasi kemampuan *software* IndoQCT dalam melakukan pengukuran *slice spacing* pada fantom GE dengan variasi *slice thickness* dan arus-waktu .
2. Menentukan tingkat keakuratan *software* IndoQCT dalam mengukur *slice spacing* pada fantom GE berdasarkan deviasi terhadap nilai referensi dan dibandingkan dengan metode pengukuran manual.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kemampuan dan tingkat keakuratan *software* IndoQCT dalam mengukur *slice spacing* pada fantom GE. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemanfaatan *software* IndoQCT sebagai alat bantu evaluasi *slice spacing* pada kegiatan *Quality Control* (QC) CT-scan.